

RECOMENDACIÓN UIT-R S.1424

OBJETIVOS DE DISPONIBILIDAD PARA TRAYECTO DIGITAL FICTICIO DE REFERENCIA UTILIZADO PARA LA TRANSMISIÓN DEL MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO DE LA RDSI-BA EN EL SFS POR LOS SISTEMAS DE SATÉLITE DE ÓRBITA GEOESTACIONARIA QUE UTILIZAN FRECUENCIAS INFERIORES A 15 GHz

(Cuestiones UIT-R 73/4 y UIT-R 78/4)

(2000)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que los satélites que funcionan en el SFS desempeñan un papel muy importante a la hora de proporcionar comunicaciones digitales internacionales fiables;
- b) que el trayecto digital ficticio de referencia (TDFR) en el SFS tiene por objeto servir de orientación para diseñadores y usuarios;
- c) que la disponibilidad de conexiones semipermanentes en el modo de transferencia asíncrono (ATM) en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA) se ha especificado en la Recomendación UIT-T I.357;
- d) que es conveniente satisfacer los conceptos, términos y definiciones relativos a la disponibilidad indicados en la Recomendación UIT-T I.357;
- e) que al definir los criterios de disponibilidad es necesario tener en cuenta todas las características específicas del medio de transmisión;
- f) que la disponibilidad de un TDFR utilizado para la transmisión en ATM de la RDSI-BA por satélite viene determinada por los efectos combinados de la congestión de la red, los errores de transmisión, los fallos en el equipo y las características de propagación,

recomienda

- 1** que el TDFR de un satélite que curse tráfico con conexión semipermanente ATM de la RDSI-BA satisfaga los objetivos de disponibilidad establecidos en la Recomendación UIT-T I.357;
- 2** que los TDFR definidos en la Recomendación UIT-R S.521 y el modelo de referencia definido en la Recomendación UIT-R S.1420 se consideren la base para la elaboración de las técnicas y los métodos destinados a satisfacer los objetivos de disponibilidad indicados en la Recomendación UIT-T I.357;
- 3** que el TDFR de un satélite que curse tráfico con conexión ATM de la RDSI-BA satisfaga los objetivos de calidad de funcionamiento señalados en la Recomendación UIT-T I.356 durante el tiempo disponible (véase el Anexo 1);
- 4** que la disponibilidad anual del TDFR (un sentido) de un satélite del SFS sea mayor que el 99,85% (véanse las Notas 1 a 3);
- 5** que las siguientes Notas se consideren parte de esta Recomendación:

NOTA 1 – El objetivo de disponibilidad del TDFR de un satélite comprende la disponibilidad debida a la propagación y la disponibilidad de la estación terrena y de los equipos a bordo del vehículo espacial. Los estudios previos sobre los trayectos de transmisión en las bandas 14/11 GHz y 30/20 GHz han puesto de manifiesto que debido a las perturbaciones en la propagación la disponibilidad anual es 99,96% para estaciones terrenas con una $G/T \geq 31,7$ dB(K⁻¹) y que la disponibilidad de estaciones terrenas atendidas por personal que funcionan en la banda 14/11 GHz con una $G/T \geq 31,7$ dB(K⁻¹) es del 99,95%. La información disponible actualmente en el UIT-R muestra que la disponibilidad del vehículo espacial es superior al 99,99%. Por ello, la disponibilidad anual del TDFR de un satélite en el *recomienda* 4 se aplica a enlaces entre estaciones terrenas atendidas por personal con $G/T \geq 31,7$ dB(K⁻¹). La disponibilidad anual del TDFR de un satélite en el *recomienda* 4 no se aplica a estaciones terrenas autónomas ni a estaciones terrenas con $G/T < 31,7$ dB(K⁻¹). La disponibilidad anual para enlaces que tienen su origen y terminación en una estación terrena autónoma o en una estación terrena con $G/T < 31,7$ dB(K⁻¹) se deja para estudios ulteriores.

NOTA 2 – Cuando la UIT disponga de información facilitada por los operadores de las estaciones terrenas y por los de los sistemas de satélite, se podrán revisar los valores de disponibilidad de los equipos.

NOTA 3 – Queda pendiente de estudio la repercusión adicional sobre la disponibilidad del sistema, de los equipos ATM específicos de los satélites utilizados en las estaciones terrenas, y la de los vehículos espaciales que realizan tratamiento y conmutación a bordo.

NOTA 4 – Los requisitos de disponibilidad para el TDFR que cursa tráfico no ATM dentro de una conexión ficticia de referencia (HRX) en el SFS figuran en la Recomendación UIT-R S.579.

NOTA 5 – Los objetivos de disponibilidad para las conexiones conmutadas ATM de la RDSI-BA deben ser objeto de estudios posteriores. Sin embargo, hasta que el UIT-T adopte requisitos de disponibilidad específicos con respecto a estos tipos de conexiones, pueden utilizarse los objetivos indicados en la presente Recomendación (véase el proyecto de Recomendación UIT-T I.35av).

ANEXO 1

(Normativo)

1 Consideraciones generales sobre la disponibilidad de conexiones ATM de satélites de la RDSI-BA

El Cuadro 2/I.356 de la versión actual de la Recomendación UIT-T I.356 (Calidad de funcionamiento en la transferencia de células en la capa de modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha) contiene las definiciones de clases de calidad de servicio y objetivos de calidad de la red de extremo a extremo. Estos objetivos figuran, para cada uno de los parámetros de calidad, como límites superiores que deben satisfacerse en un canal virtual (VC) o en un trayecto virtual (VP) mientras dure la conexión. La Recomendación UIT-T I.356 no hace referencia a los requisitos de disponibilidad ATM de la RDSI-BA pues este tema se trata en la Recomendación UIT-T I.357 (Disponibilidad de conexiones semipermanentes de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)) y en el proyecto de Recomendación UIT-T I.35av (Disponibilidad de las conexiones en un canal virtual conmutado de la RDSI-BA).

Los objetivos indicados en el Cuadro 2/I.356 se han basado en algunos resultados de pruebas preliminares de mediciones de la calidad de servicio (QoS) de los servicios y aplicaciones ATM de la RDSI-BA. Generalmente, los resultados presentados se han centrado en los límites superiores para la aceptabilidad del servicio; es decir, especifican los valores máximos de la tasa de errores de célula (CER, *cell error ratio*) y de la tasa de pérdida de células (CLR, *cell loss ratio*) para los cuales las aplicaciones siguen siendo aceptables sin que haya degradación. Ese aspecto es importante puesto que los sistemas basados en paquetes generalmente son muy robustos pero tienden a degradar rápidamente su calidad, pasando de ser aceptables a ser inaceptables habiendo una pequeña región de margen de aceptabilidad. Las cifras adoptadas provisionalmente en el Cuadro 2/I.356 puede que sea necesario revisarlas en un próximo futuro basándose en la experiencia de explotación real y en más resultados de pruebas de QoS y aplicaciones. Sin embargo, para iniciar la interpretación de estas cifras y su relación con el comportamiento del enlace por satélite debe aceptarse la premisa de que deben proporcionarse unos límites de QoS al usuario final mientras dure la conexión. Ello significa que estos umbrales no deben rebasarse durante el tiempo disponible. El umbral de disponibilidad en los enlaces por satélite es en cierta forma arbitrario ya que se trata de un punto de referencia (en términos de porcentaje de tiempo) en el cual se cumplen todos los objetivos de la red.

Existen al menos dos métodos para adoptar un objetivo de disponibilidad del enlace por satélite. El primer método consiste en desarrollar un modelo matemático riguroso para determinar la curva óptima (BER en función de la distribución del porcentaje de tiempo) en la cual se satisfacen todos los requisitos de calidad de funcionamiento y disponibilidad. Este modelo debe tener en cuenta las características de errores en ráfaga de los módems del satélite así como las características de propagación del enlace; además, debe relacionar estas características con la calidad de funcionamiento de la red y las definiciones y objetivos de disponibilidad. El segundo método es empírico y en él se demuestra que se cumplen todos los objetivos mediante las mediciones de los parámetros de calidad de funcionamiento y de disponibilidad de un enlace por satélite real. Aunque en la práctica es habitual utilizar una combinación de estos dos métodos, la presente Recomendación sigue el segundo de ellos (véase la Nota 1). La disponibilidad debida a la propagación se discute en el § 7.1 y en el § 2 del Anexo 2.

NOTA 1 – Este método puede ser modificado en el futuro una vez que la Comisión de Estudio 13 de Normalización de las Telecomunicaciones adopte objetivos para la Recomendación UIT-T I.357 y si los modelos matemáticos y las mediciones de propagación posteriores demuestran la necesidad de modificar esta Recomendación.

2 Definición de la disponibilidad de conexión ATM de la RDSI-BA

Los métodos de medición, los objetivos y los parámetros de calidad de funcionamiento de la red para describir la disponibilidad de conexiones semipermanentes ATM de la RDSI-BA se discuten en la Recomendación UIT-T I.357. El § 4 de dicha Recomendación define la disponibilidad de un tramo de una conexión semipermanente ATM de la RDSI-BA como la fracción de tiempo durante la cual el tramo puede sustentar una transacción.

3 Criterios de entrada al estado de indisponibilidad y salida del mismo

Con objeto de definir un criterio para la entrada al estado de indisponibilidad y la salida del mismo, la Comisión de Estudio 13 de Normalización de las Telecomunicaciones introdujo otro parámetro de un resultado de transferencia de célula, a saber, el segundo con muchos errores en la capa ATM (SES_{ATM}). En el § 4.3 de la Recomendación UIT-T I.357 aparece la definición del SES_{ATM} :

«Un periodo de indisponibilidad comenzará cuando se produzcan diez SES_{ATM} consecutivos. Estos diez segundos forman parte del tiempo de indisponibilidad. Un periodo de indisponibilidad terminará cuando se producen diez segundos consecutivos, ninguno de los cuales es SES_{ATM} . Estos diez segundos forman parte del tiempo de disponibilidad. Los criterios de diez segundos se sustentan utilizando una ventana corrediza con granularidad de un segundo.»

4 Parámetros de disponibilidad ATM de la RDSI-BA

La Recomendación UIT-T I.357 define dos parámetros para la disponibilidad ATM de los tramos de conexión semipermanente: la relación de disponibilidad (AR , *availability ratio*) y el tiempo medio entre interrupciones ($MTBO$, *mean time between outages*).

La AR se define como la fracción de tiempo durante la cual el tramo de conexión se encuentra en el estado de disponibilidad durante un periodo de observación. El $MTBO$ se define como la duración media de un intervalo de tiempo continuo durante el cual el tramo está en el estado de disponibilidad.

5 Objetivos de disponibilidad ATM de la RDSI-BA

La atribución de los objetivos AR y $MTBO$, entre los distintos tramos de conexión (es decir, tramos nacionales, tramos de tránsito internacionales y tramos entre entidades operadoras internacionales) aún es objeto de estudio por parte de la Comisión de Estudio 13 de Normalización de las Telecomunicaciones.

6 Definición de disponibilidad del TDFR de un satélite

La siguiente discusión (§ 6 y 7) se refiere al nuevo parámetro AR . Son necesarios más estudios para determinar las cifras de $MTBO$ representativas de los enlaces por satélite ATM.

La disponibilidad del TDFR de un satélite que cursa tráfico ATM de la RDSI-BA, definida por los TDFR de la Recomendación UIT-R S.521 y en el modelo de referencia que figura en la Recomendación UIT-R S.1420, comprende la disponibilidad de propagación y la disponibilidad del equipo. La disponibilidad global del tramo de satélite de una conexión de extremo a extremo, como se define en la Fig. 1 de la Recomendación UIT-R S.521, puede expresarse de la forma siguiente:

$$A_{TDFR \text{ del satélite}} = A_{\text{enlace}} \cdot A_{\text{estación terrena}} \cdot A_{\text{vehículo espacial}}$$

siendo:

- A_{enlace} : componente de disponibilidad debida a la atenuación causada por la lluvia en el enlace ascendente y el enlace descendente y a los efectos de interferencia
- $A_{\text{estación terrena}}$: disponibilidad (fiabilidad del equipo) de todos los equipos transmisores y receptores de la estación terrena hasta la interfaz terrenal; además incluye los efectos de la interferencia debida al Sol. Queda pendiente de estudio la disponibilidad de cualquier equipo ATM que pueda utilizarse específicamente en una conexión por satélite
- $A_{\text{vehículo espacial}}$: disponibilidad total (fiabilidad del equipo) del vehículo espacial, incluyendo las interrupciones por eclipse. Queda pendiente de estudio la disponibilidad de todo equipo de procesamiento y/o conmutación ATM a bordo
- $A_{TDFR \text{ del satélite}}$: producto de todos los componentes de disponibilidad en un enlace por satélite.

NOTA 1 – Además de los parámetros mencionados anteriormente, la Recomendación UIT-T I.357 incluye, como parte de sus temas, otro componente de disponibilidad debida a «congestión del tráfico». Una vez adoptado formalmente este parámetro cabe esperar que la Comisión de Estudio 13 de Normalización de las Telecomunicaciones establezca una clara definición del mismo. Aplicado a los sistemas de satélites, este parámetro de disponibilidad puede incluir la disponibilidad debida a la congestión del tráfico o la formación de colas de los equipos ATM a bordo y/o cualquier otro equipo de la estación terrena ATM que pueda utilizarse específicamente en una conexión por satélite.

Comentarios generales

- En la Recomendación UIT-R S.579 aparece una discusión de los efectos de la propagación sobre el tiempo indisponible para enlaces por satélite que funcionan en frecuencias inferiores a 15 GHz.
- La influencia de la utilización de los enlaces entre satélites sobre la disponibilidad del sistema de satélites debe ser objeto de más estudios.
- Debe estudiarse la utilización de la diversidad de emplazamiento para mejorar la disponibilidad del segmento terreno.
- También se necesitan más estudios sobre la disponibilidad del tramo de satélite de una conexión de extremo a extremo para los TDFR definidos en las Figs. 2 a 4 de la Recomendación UIT-R S.521.

7 Objetivos de disponibilidad del TDFR de un satélite

Como se ha descrito en el § 6, la disponibilidad total del TDFR de un satélite ATM de la RDSI-BA se define como el producto de las componentes de disponibilidad. El texto que sigue a continuación, basado en los resultados de las mediciones obtenidas en varios sistemas, propone cifras de disponibilidad individuales para cada una de las componentes de la disponibilidad del TDFR del satélite ($A_{TDFR \text{ del satélite}}$). Sin embargo, estas cifras no son obligatorias puesto que la distribución de los valores de disponibilidad individuales es responsabilidad del diseñador, siempre que se satisfaga el criterio de disponibilidad global del sistema de satélites.

7.1 Disponibilidad del enlace (A_{enlace})

Los enlaces por satélite que cursan tráfico ATM de la RDSI-BA deben cumplir los objetivos de la disponibilidad de la Recomendación UIT-T I.357 y, por consiguiente, deben satisfacer los objetivos de la Recomendación UIT-T I.356 (CLR, CER, tasa de bloques de células con muchos errores (SECBR, *severely errored cell block ratio*), tasa de inserción incorrecta de células (CMR, *cell misinsertion rate*), retardo de transferencia de célula (CTD, *cell transfer delay*) y variación del retardo de célula (CDV, *cell delay variation*) durante el porcentaje de tiempo definido como el de «disponibilidad del enlace por satélite». Específicamente, deben satisfacerse los objetivos de calidad de funcionamiento ATM de la RDSI-BA durante el tiempo disponible. De acuerdo con las Recomendaciones UIT-R S.1062 y UIT-R S.614, aplicables a los sistemas que funcionan en frecuencias por debajo de 15 GHz, se propone que los objetivos de la Recomendación UIT-T I.356 se cumplan durante el 99,8% del tiempo (de cualquier mes) o, de forma equivalente, durante el 99,96% del año.

- Como algunas clases de servicio ATM de la RDSI-BA (por ejemplo, la clase 1) cursarán tráfico vocal en tiempo real y vídeo interactivo y dado que se prevé que parte del tráfico de la RTPC pueda transportarse por las redes ATM de la RDSI-BA, se propone que los enlaces por satélite ATM de la RDSI-BA destinados a cursar todas las clases de QoS se diseñen para soportar los objetivos de calidad de funcionamiento y la disponibilidad de la clase de servicio más exigente. Los objetivos de disponibilidad para los enlaces por satélite ATM de la RDSI-BA que cursan otras clases de servicio (menos exigentes) (es decir, clase 2, clase 3 o clase sin delimitar) deben ser objeto de más estudios.
- La disponibilidad del enlace especificada anteriormente deben cumplirla todos los sistemas actuales y futuros que cursen tráfico ATM de la RDSI-BA a cualquier velocidad binaria.

7.2 Disponibilidad de la estación terrena ($A_{\text{estación terrena}}$)

El objetivo de disponibilidad para las estaciones terrenas atendidas por personal en la banda de 6/4 GHz es 99,95%. Quedan pendientes de estudio los objetivos de disponibilidad para otros tipos de estación terrena.

7.3 Disponibilidad del vehículo espacial ($A_{\text{vehículo espacial}}$)

El objetivo de disponibilidad para los vehículos espaciales utilizados en los sistemas de órbita geostacionaria es 99,99%. Quedan pendientes de estudio los objetivos de disponibilidad para otros sistemas no OSG y para los OSG con ISL.

7.4 Disponibilidad del TDFR del satélite (A_{TDFR})

Para un enlace que funcione en las bandas 6/4 GHz o 30/20 GHz y que comprenda dos estaciones terrenas con una $G/T \geq 31,7 \text{ dB(K}^{-1}\text{)}$ y un solo vehículo espacial OSG, la disponibilidad del sistema de satélite es 99,85%.

ANEXO 2

(Informativo)

Mediciones de la disponibilidad de los enlaces por satélite que cursan tráfico ATM de la RDSI-BA**1 Introducción**

El presente Anexo contiene algunos resultados de mediciones de los diversos componentes de disponibilidad que comprenden la disponibilidad del TDFR del satélite ($A_{TDFR \text{ del satélite}}$) como se define en el § 6 del Anexo 1. Se solicita más información sobre cifras de disponibilidad de otros sistemas por satélite.

2 Disponibilidad de enlace (A_{enlace})

El texto que sigue se basa en un estudio de las características de propagación de un sistema de satélites actual. Los resultados representan la disponibilidad de enlace y, por consiguiente, no incluyen la disponibilidad del vehículo espacial o del equipo de transmisión y recepción de la estación terrena. Además, no se ha incluido ningún equipo ATM de satélite en las estaciones terrenas puesto que la señal simplemente se ha procesado mediante un módem/códec convencional. Por otro lado, el vehículo espacial no incorpora ninguna función de procesamiento o conmutación a bordo.

Durante las pruebas ATM llevadas a cabo por AT&T, KDD y Telstra (AKT) en 1995 los enlaces por satélite IDR (véase la Nota 1) a 45 Mbit/s se caracterizaron por su comportamiento físico y de capa ATM. Para evaluar el comportamiento de los enlaces de acuerdo con los criterios de disponibilidad de propagación del UIT-R, todos los sucesos de error debido a fallos del equipo se excluyeron del análisis y, por consiguiente, los resultados representan la disponibilidad debida a la propagación y a la interferencia únicamente. En la Fig. 1 aparece una gráfica de la BER en función del porcentaje de tiempo de uno de estos enlaces obtenida durante un mes con las condiciones climáticas más desfavorables del año en una de las estaciones terrenas. Aunque los parámetros CLR, CER y SECBR también se midieron de acuerdo con las definiciones de la Recomendación UIT-T I.356, estos resultados se tabularon en términos de valores medios para toda la duración de la prueba y, en consecuencia, no pueden compararse directamente con las cifras relativas al límite superior que aparecen en el Cuadro 2/I.356. Por consiguiente, para estimar el comportamiento de la CLR y la CER en el tiempo, se utilizaron los resultados de las pruebas de la relación entre CLR y CER en función de la BER (véase el § 3 de la Recomendación UIT-R S.1420). Obsérvese que los objetivos para la CLR y la CER en el umbral de indisponibilidad del 0,2%, normalmente utilizado en las Recomendaciones UIT-R S.614 y UIT-R S.1062, fueron satisfechos por este enlace con un pequeño margen. Por lo tanto, durante el tiempo disponible equivalente al 99,8% del mes, este enlace satisfizo todos los parámetros de la Recomendación UIT-R I.356.

NOTA 1 – La velocidad de transmisión de datos intermedia (IDR, *intermediate data rate*) es un servicio INTELSAT utilizado principalmente para tráfico de la RTPC. La IDR emplea MDP-4 y FEC de índice 3/4 con codificación convolucional y decodificación de Viterbi.

3 Disponibilidad del vehículo espacial ($A_{\text{vehículo espacial}}$) y disponibilidad de la estación terrena ($A_{\text{estación terrena}}$)

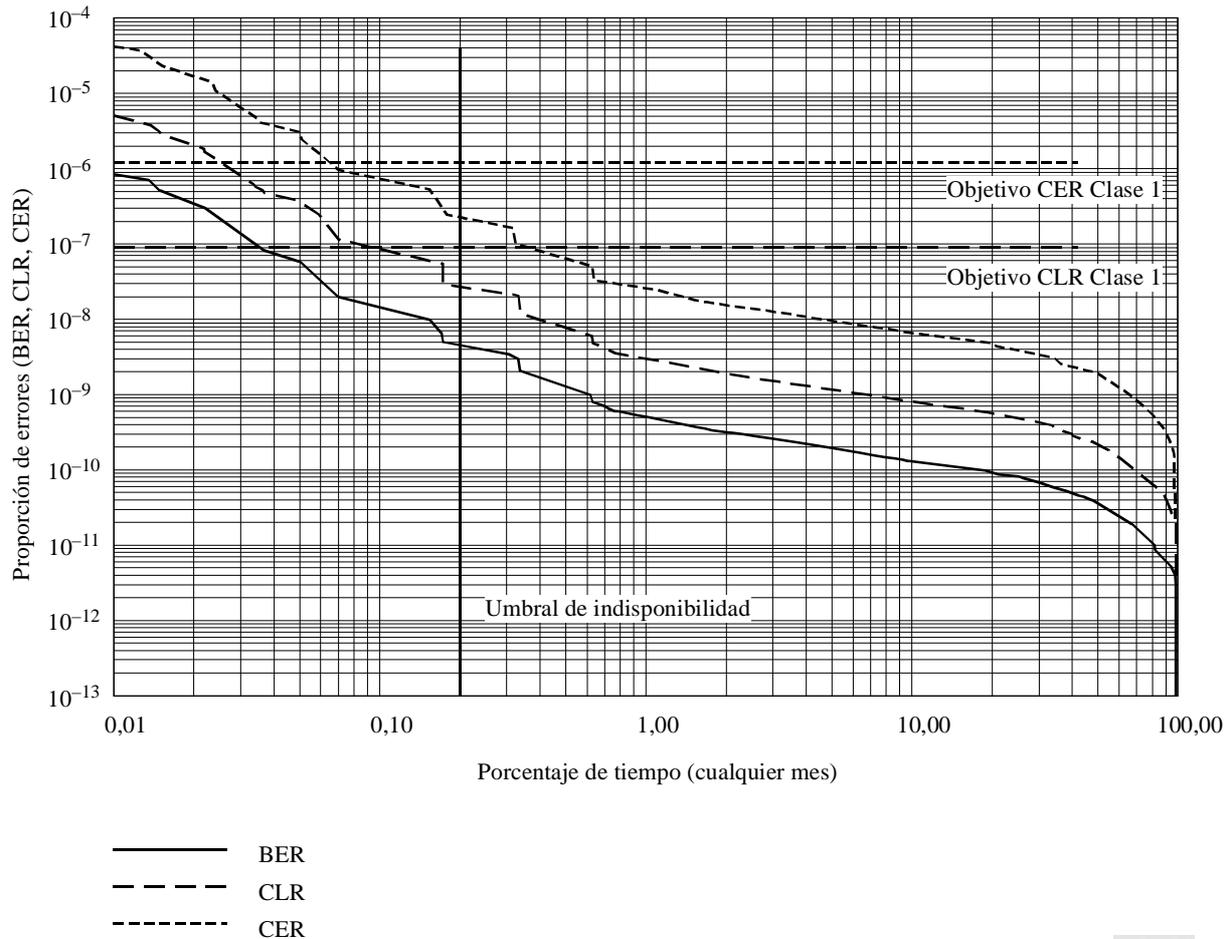
La Recomendación UIT-R S.579 incluye un margen del 0,2% de cualquier año para la indisponibilidad debida a los equipos de la estación terrena y del vehículo espacial (99,8% de disponibilidad anual). Este párrafo proporciona información más reciente sobre las cifras de disponibilidad para satélites ($A_{\text{vehículo espacial}}$) y estaciones terrenas ($A_{\text{estación terrena}}$). Cabe señalar que la información que aquí figura se aplica únicamente a las estaciones terrenas que funcionan en la banda C y tienen un valor de $G/T \geq 31,7 \text{ dB(K}^{-1}\text{)}$ (antenas de unos 11 m).

En el Cuadro 1 aparece un resumen de cifras de disponibilidad típicas que pueden satisfacer los satélites y las estaciones terrenas como se ha indicado anteriormente. La cifra de disponibilidad para la componente de satélite ($A_{\text{vehículo espacial}}$) puede ser fácilmente satisfecha por los sistemas internacionales de satélites. Sin embargo, son necesarios más estudios para verificar la pertinencia de la cifra de disponibilidad del satélite en el caso de sistemas de satélites regionales y nacionales.

Para las estaciones terrenas consideradas, una hipótesis razonable es de suponer una cifra de disponibilidad del 99,95% del año. Esa cifra es representativa de todos los equipos de RF y frecuencia intermedia (FI) e incluye los módems del satélite. Sin embargo, debe indicarse que la disponibilidad de la estación terrena depende de las arquitecturas de redundancia del cliente, de la forma de explotación del operador y de las prácticas de mantenimiento (por ejemplo, funcionamiento inatendido, mantenimiento rutinario o únicamente correctivo, número y tipo de unidades de repuesto situadas en el propio emplazamiento, etc.) y de los factores geológicos y meteorológicos considerados en el diseño de la estación

(por ejemplo, resistencia a vientos muy fuertes; tolerancia frente a seísmos, etc.). Sobre ninguno de estos factores tienen control los operadores de satélites puesto que no son propietarios del segmento terreno del cliente ni explotan el mismo. Por consiguiente, no es probable que una estación diseñada para funcionar dentro de una ciudad (baja velocidad del viento, operaciones manuales con fácil acceso a unidades de repuesto, etc.) satisfaga los criterios de disponibilidad si se utiliza en una situación no conforme al diseño original. En consecuencia, se necesitan más estudios para evaluar la aplicabilidad de la cifra de disponibilidad de las estaciones terrenas a una gama más amplia de estaciones terrenas de todo el mundo. (Por ejemplo, estaciones terrenas con antenas más pequeñas funcionando en la banda 6/4 GHz, estaciones terrenas funcionando en la banda 14/11 GHz y equipos de estaciones terrenas ATM que pueden utilizarse específicamente en una conexión de satélites.)

FIGURA 1
Proporciones de errores (BER, CLR, CER) en función del porcentaje de tiempo



1424-01

CUADRO 1
Disponibilidad del satélite y de la estación terrena

	Requisito de disponibilidad anual (%)
Satélite – $A_{vehículo\ espacial}$	99,99
Estación terrena 1 – $A_{estación\ terrena - 1}$	99,95
Estación terrena 2 – $A_{estación\ terrena - 2}$	99,95

Con los datos que se resumen en el Cuadro 1 se obtiene una indisponibilidad anual total del equipo (equipo del satélite más equipo de RF/FI de la estación terrena) del 0,11%. Esta cifra es mejor que el objetivo de indisponibilidad anual del 0,2% especificado en el *recomienda 2* de la Recomendación UIT-R S.579.